

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-252920

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.CI.

H04B 10/02

H04B 10/18

G02B 6/10

H04B 3/04

(21)Application number : 11-047785

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 25.02.1999

(72)Inventor : SHIMIZU KATSUHIRO

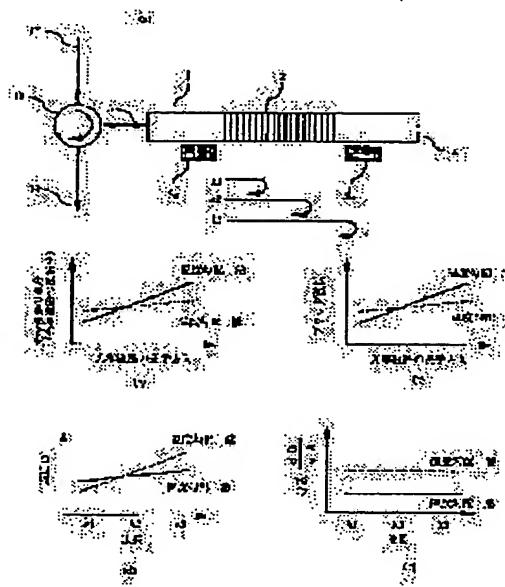
SUGIHARA TAKASHI

(54) OPTICAL EQUALIZER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To generate dispersion by applying temperature gradient and to change variance into a desired value by providing a temperature gradient applying means which applies a temperature gradient in the optical signal propagation direction of an optical waveguide having a diffraction grating.

SOLUTION: Temperature applying means 5a and 5b apply heat to an optical waveguide 1. In such a case, thermal gradient is generated on the waveguide 1 and a diffraction grating 2 by making the heat value generated by the means 5a different from the heat value generated by the means 5b. Since the refraction factor of the waveguide 1 is a function of temperature, the equivalent refraction factor N_{eff} of the grating 2 also becomes a function of temperature. Thermal gradient applied by the means 5a and 5b is led to a distribution of a waveguide longitudinal direction to the factor N_{eff} , too. Then, an effect being the same as a chirped grating is generated by the thermal gradient, and when wavelength is different, a distance to a reflection point is different to generate dispersion. Dispersion quantity to be generated is changed by changing thermal gradient applied to the grating 2 in this way.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int. Cl. 7

H04B 10/02
10/18
G02B 6/10
H04B 3/04

識別記号

F I

H04B 9/00
G02B 6/10
H04B 3/04

テマコト (参考)

M 2H050
C 5K002
A 5K046

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-47785

(22)出願日 平成11年2月25日(1999.2.25)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 清水 克宏

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 杉原 隆嗣

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74)代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外2名)

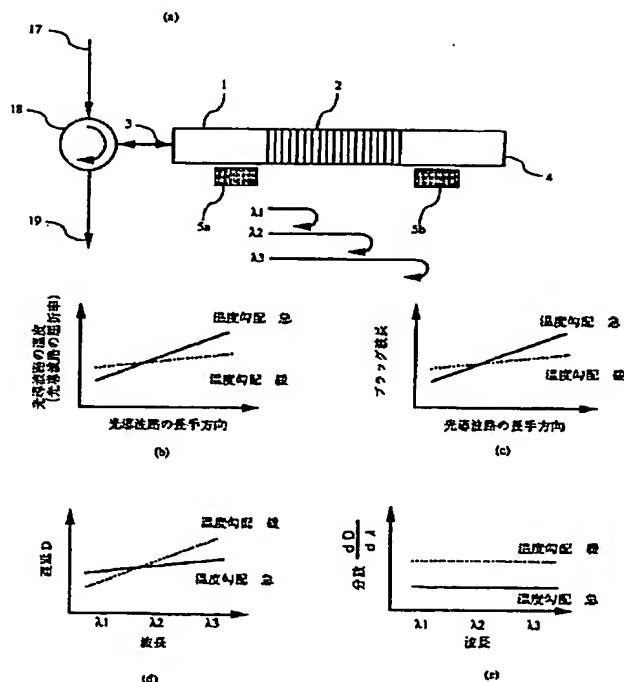
最終頁に続く

(54)【発明の名称】光等化器

(57)【要約】

【課題】従来の光等化器では、グレーティングピッチを光導波路の長手方向に変化させて光導波路に書き込んだものであるため分散量は固定値となり、変化させることはできないという問題があった。また、伝送路のわずかな状態変化に応じたアクティブな分散補償量の制御ができないという問題があった。

【解決手段】グレーティングに温度勾配印加手段を設け、グレーティングの等価屈折率を長手方向に変化させる。温度勾配を変化させると、生ずる分散量を変化させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光信号を入出力する入出力端子と、入出力される光信号にプラグ反射を引き起こす回折格子を有する光導波路と、この光導波路の光信号伝搬方向に温度勾配を印加する温度勾配印加手段とを備えたことを特徴とする光等化器。

【請求項2】 上記温度勾配印加手段の代わりに、回折格子によりプラグ反射を引き起こす光導波路に光信号伝搬方向に電界勾配を印加する電界勾配印加手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の光等化器。

【請求項3】 上記温度勾配印加手段の代わりに回折格子によりプラグ反射を引き起こす光導波路に光信号伝搬方向に応力勾配を印加する応力勾配印加手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の光等化器。

【請求項4】 上記光導波路の複数個所の温度を検出する温度検出手段と、上記温度検出手段の検出結果に基づいて、上記光導波路の温度を制御する温度制御手段とを有し、上記温度勾配印加手段は、上記温度制御手段の制御に基づいて温度勾配を与えることを特徴とする請求項1に記載の光等化器。

【請求項5】 上記温度勾配検出手段を回折格子の中央部に配置し、回折格子の中央部の温度を一定となるように上記温度勾配制御手段が制御することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光等化器。

【請求項6】 上記導波路に非等間隔な樹形熱伝導体を備えることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の光等化器。

【請求項7】 光信号を入出力する入出力端子と、入出力端子からの光信号を光合分波する光カプラと、上記光カプラの第1の出力に接続された第1の光導波路と、上記光カプラの第2の出力に接続された第2の光導波路と、上記第1の光導波路の長手方向に温度勾配を与える第1の温度勾配印加手段と、上記第2の光導波路の長手方向に温度勾配を与える第2の温度勾配印加手段とを備え、上記第1の光導波路と上記第2の光導波路はプラグ反射を引き起こす回折格子を有することを特徴とする光等化器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光通信システムに係わり、特に、超高速光信号の分散補償技術に係わるものである。

【0002】

【従来の技術】 光信号は波長によって伝送路を伝搬する速度が異なるという現象がある。これは、波長毎に伝送媒体の屈折率が異なることに起因する。また、光ファイバに代表される光伝送路では、光を伝送媒体の一部に閉

$$\lambda_B = 2 N_{eff} \Delta$$

)

【0006】 従って、グレーティングピッチを光導波路

じ込められた状態で伝送を行うため、光の伝送媒体内での閉じ込めの状態の違いによっても信号の伝搬速度が異なる。閉じ込めの状態は波長によって異なるため、波長毎の伝搬速度差の原因となる。上記の要因で起こる光の波長による伝搬速度差を分散と呼ぶ。分散は遅延時間を波長の関数として示したときの微分として与えられ、 $p s / nm$ なる単位を有する。

【0003】 分散の効果は高速光伝送を行う場合に主に利用されるシングルモードファイバ（以下、SMFと称する）においても避けることのできない現象であり、伝送による信号波形の劣化の原因となる。例えば、10Gb/sの信号を伝送する場合には、許容できる分散値は約1000ps/nmで、これは約70kmのSMFでの分散量に相当する。したがって、長距離伝送を行うには分散を補償することが非常に重要になる。この技術を分散補償あるいは光等化と呼ぶ。分散補償用デバイスとしては、分散補償ファイバ（DCF）が市販されている。分散補償ファイバ（DCF）は伝送路に用いるSMFと逆の符号を持った分散値を有するデバイスである。しかしながら、DCFは長尺の光ファイバであるため実装容積が大きいという問題がある。

【0004】 従来例1

他の分散補償技術としてチャーブドグレーティングと呼ばれる技術が知られており、例えば、特願56-1372号、特開昭59-126336号に詳細が開示されている。図8はチャーブドグレーティングの概念を説明する図である。図8において、17は光信号入力端子、18は光サーキュレータ、19は光信号出力端子、3は光導波路入出力端子、4は光導波路出力端子、1は光導波路、2は回折格子である。光サーキュレータは光信号入力端子より入力された光信号を光導波路入出力端子3に出力し、光導波路入出力端子3より入射された光信号は光信号出力端子19に出力するという動作を行うデバイスである。回折格子2は屈折率をプラグ波長周期で変化させたものでありグレーティングと呼ぶ。光信号入力端子17より入力された光信号は光サーキュレータ18を経て、光導波路入出力端子3より光導波路1に入力される。光導波路1に書き込まれた回折格子2によって反射された光信号は光導波路入出力端子3から光サーキュレータ18を経て光信号出力端子19から出力される。

【0005】 ここで、光導波路に書き込まれたプラググレーティングによる分散補償について説明する。グレーティングピッチ（格子間隔）を Λ 、グレーティング部の等価屈折率を N_{eff} とすると、プラググレーティングにより反射される波長 λ_B （プラグ波長）は、次の(1)式で表される。

(1)

の長手方向に線形に変化させたチャーブドグレーティン

グでは、プラグ波長は光導波路の長手方向に対して1次関数的に分布する。これは、各プラグ波長に対応した光の反射点が導波路の長手方向に1次関数的に分布していることと等価である。また、グレーティングで反射して戻ってくる光は、その反射点までの距離に応じて遅延するため、その遅延量は波長の1次関数として表される。

【0007】例えば、図8に示すように、グレーティングピッチが光信号の入射側から線形に増加していくチャーブドグレーティング2では、波長 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ($\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$)の順に遅延は線形に増加する。その結果、群遅延の波長微分で表わされる分散は図8 (b) で表わされるように波長に対して一定値をとる直線となる。このようにしてチャーブドグレーティングによって所望の分散値を得ることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところがチャーブとグレーティングは上述のとおり、グレーティングピッチを光導波路の長手方向に変化させて光導波路に書き込んだものであるため分散量は固定値となり、変化させることはできないという問題がある。光等化器に要求される分散値は伝送路の分散を打ち消す分散量であるため、使用される状況によって分散値は異なる。このため分散量を変化させることができないという制約は使用上大きな問題である。また、10Gb/s以上の超高速光信号では分散補償の精度を高めることが必要であり、特に40Gb/s以上の光信号においては伝送路のわずかな状態変化に応じたアクティブな分散補償量の制御が必要となるという議論もある。しかし、従来の光等価器ではアクティブな分散補償量の制御は不可能であるという問題があった。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明はかかる課題を解決するためになされ、第1の発明に係わる光等化器は、光信号を入出力する入出力端子と、入出力される光信号にプラグ反射を引き起こす回折格子を有する光導波路と、この光導波路の光信号伝搬方向に温度勾配を印加する温度勾配印加手段とを有するものである。

【0010】第2の発明に係わる光等化器は、回折格子によりプラグ反射を引き起こす光導波路に光信号伝搬方向に電界勾配を印加する電界勾配印加手段を有するものである。

【0011】第3の発明に係わる光等化器は、回折格子によりプラグ反射を引き起こす光導波路に光信号伝搬方向に応力勾配を印加する応力勾配印加手段を有するものである。

【0012】第4の発明に係わる光等化器は、光導波路の複数個所の温度を検出する温度検出手段と、温度検出手段の検出結果に基づいて、光導波路の温度を制御する温度制御手段とを有し、上記温度勾配印加手段は、温

度制御手段の制御に基づいて温度勾配を与えるものである。

【0013】第5の発明に係わる光等化器は、上記温度勾配検出手段を回折格子の中央部に配置し、回折格子の中央部の温度を一定となるように上記温度勾配制御手段が制御するものである。

【0014】第6の発明に係わる光等化器は、上記導波路に非等間隔な樹形熱伝導体を備えるものである。

【0015】第7の発明に係わる光等化器は、光信号を10入出力する入出力端子と、入出力端子からの光信号を光合分波する光カプラと、上記光カプラの第1の出力に接続された第1の光導波路と、上記光カプラの第2の出力に接続された第2の光導波路と、第1の光導波路の長手方向に温度勾配を与える第1の温度勾配印加手段と、第2の光導波路の長手方向に温度勾配を与える第2の温度勾配印加手段とを備え、第1の光導波路と第2の光導波路はプラグ反射を引き起こす回折格子を有するものである。

【0016】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1はこの発明による光等化器の構成ブロック図である。図1において、17は光信号入力端子、18は光サーキュレータ、19は光信号出力端子、3は光導波路入出力端子、4は光導波路出力端子、1は光導波路、2は回折格子、5a、5bは温度印加手段である。光導波路1は光ファイバ、石英系導波路、半導体導波路などを用いることができる。温度印加手段5a、5bとしてはヒータ、ペルチェ素子などを用いることができる。

【0017】次に動作を説明する。光信号入力端子17より入力された光信号は光サーキュレータ18を経て、光導波路入出力端子3より光導波路1に入力される。回折格子2のグレーティングピッチ(格子間隔) Δ およびグレーティング部の等価屈折率を N_{eff} によって決定されるプラグ波長に一致した光信号は、回折格子2によって反射され、プラグ波長と一致しなかった光信号は光導波路出力端子4から出力される。すなわち、回折格子2は光フィルタとして機能する。回折格子2によって反射された光信号は光導波路入出力端子3から光サーキュレータ18を経て光信号出力端子19から出力される。

【0018】温度印加手段5a、5bによって光導波路1に熱が印加される。このとき、温度印加手段5aが発生する熱量と温度印加手段5bが発生する熱量を異なる量とすることで、光導波路1および回折格子2には熱勾配が発生する。光導波路1の屈折率は温度の関数となっているため回折格子2の等価屈折率 N_{eff} も温度の関数となる。温度印加手段5a、5bによって印加された熱勾配は等価屈折率 N_{eff} にも導波路長手方向の分布をもたらす。式(1)に示されるようにプラグ波長は等価屈折率 N_{eff} の関数となるため、光導波路1の長手方向にプラグ波長が分布することになる。従って、熱勾配によつ

てチャーブドグレーティングと同様な効果が生まれ、波長が異なると反射点までの距離が異なり、分散が発生する。例えば、温度印加手段5aが発生する熱量よりも温度印加手段5bが発生する熱量が多ければ、図1(b)の実線に示されるような温度勾配が形成され、その結果、波長によって光導波路入出力端子3からの反射点までの距離が異なる。図1(c)の実線は波長と遅延時間の関数を表している。分散は遅延時間の波長微分であるから図1(d)実線のような分散が発生する。

【0019】さて、ここで温度印加手段5aが発生する熱量と温度印加手段5bが発生する熱量の差を小さくすることを考える。回折格子2に生じる熱勾配および等価屈折率勾配は図1(b)の点線のように小さくなり、生ずる遅延時間の波長依存性は図1(d)の点線のように大きくなる。従って、図1(d)の点線に示すように分散値は大きくなる。さらに、温度印加手段5aが発生する熱量よりも温度印加手段5bが発生する熱量を小さくすると生ずる分散の符号は負となる。このようにして、回折格子2に印加する熱勾配を変化させることで、発生する分散量を変化させることが可能である。即ち、光等化ができる。尚、温度勾配と等価屈折率勾配の符号関係は、光導波路を形成する媒体の温度係数によっては上述の例と逆になる場合もある。また、温度勾配の制御によって分散のみならず、分散値の波長微分に相当する分散スロープをも制御することが可能である。

【0020】回折格子2としては等間隔な格子を用いることも、チャーブドグレーティングを用いることもできる。またアポタイズグレーティングと呼ばれるような非均一なグレーティングピッチを用いても同様の効果が得られる。図1では2つの温度印加手段を用いたが、3つ以上の温度印加手段を使用することができることはいうまでもない。

【0021】実施の形態2. 図2はこの発明による他の実施の形態の構成図を示している。図1との相違は電極6a、6b、6c、6d、6e、6fおよび電圧源7a、7b、7c、7d、7eを設けたことにある。光導波路1の屈折率は印加される電界によって変化するため図1と同様に回折格子2の等価屈折率に長手方向の分布が生じ、分散が発生する。電圧源7a、7b、7c、7d、7eが7a<7b<7c<7d<7eなる電圧にすることによって図1と同様な分散が生じ、この電圧の分布を変化させることによって所望の分散を得ることができる。

【0022】光導波路1が印加される電界によって屈折率変化を生ずる現象は電気光学効果と呼ばれる。電気光学効果が生じやすい光導波路を用いることによって電圧源7a、7b、7c、7d、7eの電圧を小さくすることができる。電気光学効果が大きな材料としては半導体、誘電体結晶などが知られている。図2では5つの電極と5つの電圧源を用いているが、回折格子に等価屈折

率分布を生じる目的を満足すれば、電極および電圧源の数は任意である。また、電圧計あるいは電界センサを用いて印加する電圧あるいは電界をモニタし、制御することは安定な光等化器実現のために有効である。なお、図2では、図1における導波路入出力端子3に接続されるべき光サーチューレータ18を省いている。

【0023】実施の形態3. 図3はこの発明の他の実施例を示す構成図である。図3において、3は光導波路入出力端子、4は光導波路出力端子、1は光導波路、2は回折格子、8a、8b、8c、8d、8eはピエゾ素子、7a、7b、7c、7d、7eは電圧源、9は固定台である。ピエゾ素子8a、8b、8c、8d、8eは応力印加手段として動作する。

【0024】次に動作について説明する。ピエゾ素子によって光導波路1には応力が印加される。その結果、光路長が変化するためプラグ波長までの距離が変化し、分散が発生する。この印加する応力を変化させることによって所望の分散を得ることができる。なお、図3では、図1における導波路入出力端子3に接続されるべき光サーチューレータ18を省いている。

【0025】実施の形態4. 図4はこの発明の他の実施例を示す構成図である。3は光導波路入出力端子、4は光導波路出力端子、1は光導波路、2は回折格子、5a、5bは温度印加手段、10a、10bは温度検出手段、11a、11bは温度制御回路である。温度制御回路11a、11bは温度検出手段12a、12b、基準電圧発生回路15a、15b、比較器13a、13b、より構成される。温度検出手段10a、10bとしてはサーミスタや半導体デバイスなどを用いる。

【0026】次に、図4を用いて動作を説明する。温度検出手段10aによって計測された温度は温度検出手段12aによって電圧に変換され、基準電圧発生回路15aによって発生される電圧と比較器13aで比較される。比較器13aが発生する誤差信号によって温度制御手段11aが温度印加手段5aを制御するので、温度検出手段12aが発生する電圧は基準電圧発生回路15aから出力する電圧と等しくなるように動作する。同様に、温度検出手段10bによって計測された温度は温度検出手段12bによって電圧に変換され、基準電圧発生回路15bによって発生される電圧と比較器13bで比較される。

比較器13bが発生する誤差信号によって温度制御手段11bが温度印加手段5aを制御するため、温度検出手段12bが発生する電圧は基準電圧発生回路15bから出力する電圧と等しくなるように動作する。図1との相違は温度検出手段10a、10bを設けたことによってより高精度かつ安定に温度勾配を印加すること可能となったことである。言うまでもなく3つ以上の温度検出手段を設けることはさらなる高精度化、安定化に有効となる。なお、図4では、図1における導波路入出力端子3に接続されるべき光サーチューレータ18を省

いている。

【0027】実施の形態5. 図5はこの発明の他の実施例を示す構成図である。3は光導波路入出力端子、4は光導波路出力端子、1は光導波路、2は回折格子、5a、5bは温度印加手段、10は温度検出手段、11は温度制御回路である。温度制御回路11は温度検出回路12、第1の基準電圧発生回路15a、比較器13、第2の基準電圧発生回路15b、加算器14より構成される。

【0028】図5の特徴は温度検出手段10が回折格子2の中央部に取り付けられていることである。温度制御回路11は温度検出手段10が検出する温度を第1の基準電圧発生回路15aで与えられる電圧で、できる一定値に保ちつつ、温度勾配を第2の基準電圧発生回路15bで与えられる電圧値に従って変化させるという動作を行う。温度検出手段10によって計測された温度は温度検出回路12によって電圧に変換され、第1の基準電圧発生回路15aによって発生される電圧と比較器13で比較される。比較器13が発生する誤差信号によって温度制御手段11が温度印加手段5aを制御する。

【0029】加算器14は比較器13が発生した電圧と第2の基準電圧発生回路15bによって発生される電圧を加算し、温度制御手段11が温度印加手段5bを制御する。温度検出回路12が発生する電圧は第1の基準電圧発生回路15aから出力する電圧と等しくなるように動作する。印加される温度勾配を変化させた場合にも回折格子2の中央部の温度が一定値となるように制御されるため、回折格子2のプラグ反射波長の中心波長は一定となる。なお、図5では、図1における導波路入出力端子3に接続されるべき光サーキュレータ18を省いている。

【0030】実施の形態6. 図6はこの発明の他の実施例を示す構成図である。図1との相違は熱伝導体16を追加したことがある。熱伝導体16は非等間隔な櫛形をしており、回折格子2に熱勾配を与えることができる。動作については図1と同様である。

【0031】実施の形態7. 図7はこの発明の他の実施の形態を示す構成図である。図7において、17は光信号入力端子、19は光信号出力端子、23は光合分波器、1a、1bは光導波路、2a、2bは回折格子、5a、5bは温度印加手段である。光合分波器、光導波路を集積化することは光等化器の小型化および高精度化に有効である。光合分波器23としては通常、3dB光力プラを用いる。この実施例では光サーキュレータを用いることなく、図1と同様な効果を得ることができる。

【0032】本実施の形態による動作を説明する。光信号入力端子17から入力され、光合分波器23において二つの隣り合う導波路にパワーが各々1/2、位相差 $\pi/2$ の状態で分波された光は、各々温度勾配を印加された回折格子2a、2bを含む光導波路1a、1bにおいて

て分散を受けた後、光合分波器23に反射されて戻ってくる。光合分波器23に入力された各導波路の光信号は、光合分波器23を通過するときにさらに $\pi/2$ だけの位相差を得るため、光合分波器23を1往復したことにより各導波路での光の位相差は π となる。その結果、光合分波器23に戻ってきた光は光信号入力端子17と光信号出力端子19に出力される。

【0033】

【発明の効果】以上、説明したとおり、本発明によれば、プラグ反射を引き起こす格子を有する光伝送路は光信号伝搬方向に温度勾配を印加する手段を備えており、温度勾配を印加することによって分散を発生することができる。また、この発明によれば分散値を所望の値に変化させることができる。

【0034】つぎの発明によれば、プラグ反射を引き起こす格子を有する光伝送路は光信号伝搬方向に電界勾配を印加する手段を備えており、電界勾配を印加することによって分散を発生することができる。また、この発明によれば分散値を所望の値に変化させることができる。

【0035】つぎの発明によれば、プラグ反射を引き起こす格子を有する光伝送路は光信号伝搬方向に応力勾配を印加する手段を備えており、応力勾配を印加することによって分散を発生することができる。また、この発明によれば分散値を所望の値に変化させることができる。

【0036】つぎの発明によれば、2つ以上の温度制御回路を備えているため、所望の温度勾配を与えることができるため、分散補償量を制御することができる。

【0037】つぎの発明によれば、格子のプラグ中心波長が変化しないように伝送路に温度勾配を印加する手段を備えるため、信号波長に対して安定な光等化器を提供することができる。

【0038】つぎの発明によれば、非等間隔櫛形熱伝導体を備えるため、簡便な構成で温度勾配を印加することが可能となり、簡便に光等化器を提供することができる。

【0039】つぎの発明によれば、光力プラと上記光力プラの第1の出力に接続された第1の光導波路と、上記光力プラの第2の出力に接続された第2の光導波路と、第1の光導波路の長手方向に温度勾配を与える第1の温度勾配印加手段と、第2の光導波路の長手方向に温度勾配を与える第2の温度勾配印加手段とを備え、第1の光導波路と第2の光導波路はプラグ反射を引き起こす格子を有することを特徴とするため、光サーキュレータを用いることなく小型で簡便な光等化器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1を示すブロック図である。

【図2】 実施の形態2を示すブロック図である。

【図3】 実施の形態3を示すブロック図である。

【図4】 実施の形態4を示すブロック図である。

【図5】 実施の形態5を示すブロック図である。

【図6】 実施の形態6を示すブロック図である。

【図7】 実施の形態7を示すブロック図である。

【図8】 従来例1の構成を示す図である。

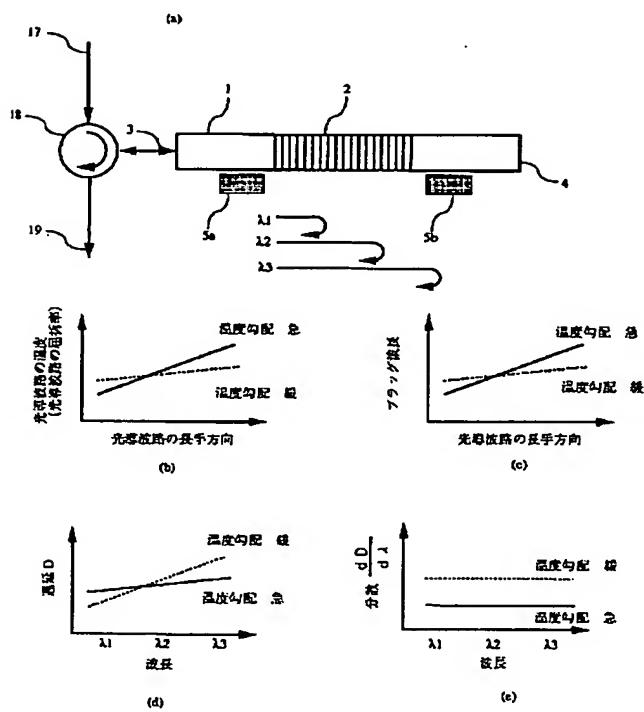
【符号の説明】

1、1 a、1 b 光導波路
2、2 a、2 b 回折格子
3 光導波路入出力端子
4 光導波路出力端子
5、5 a、5 b 温度印加手段
6、6 a、6 b、6 c、6 d、6 e、6 f 電極
7、7 a、7 b、7 c、7 d、7 e 電圧源
8、8 a、8 b、8 c、8 d、8 e ピエゾ

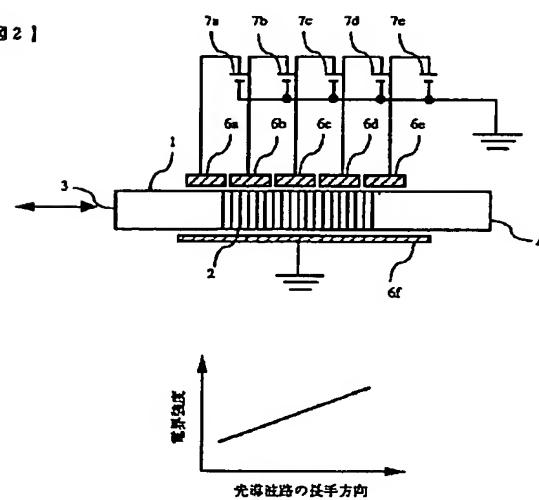
素子

9 固定台
10、10 a、10 b 温度検出手段
11、11 a、11 b 温度制御回路
12 温度検出回路
13 比較器
14 加算器
15、15 a、15 b 基準電圧発生回路
16 熱伝導体
17 光信号入力端子
18 光信号出力端子
19 偏波分離器
20 光合分波器
23

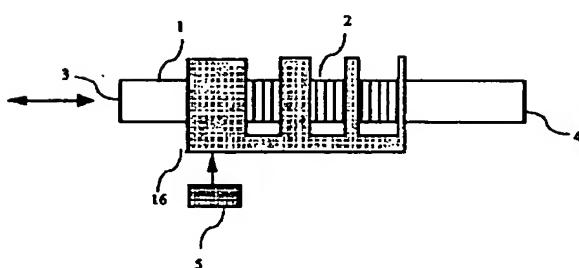
【図1】



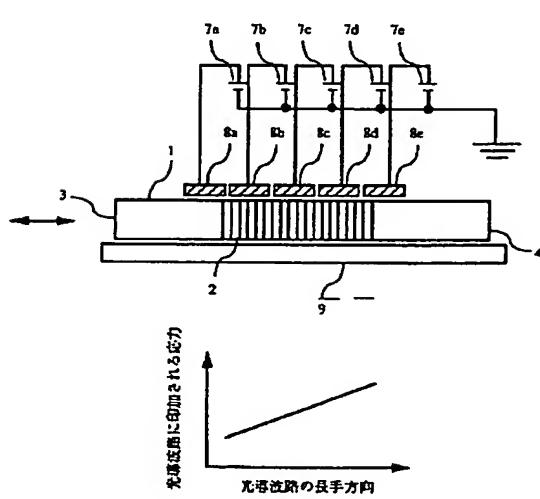
【図2】



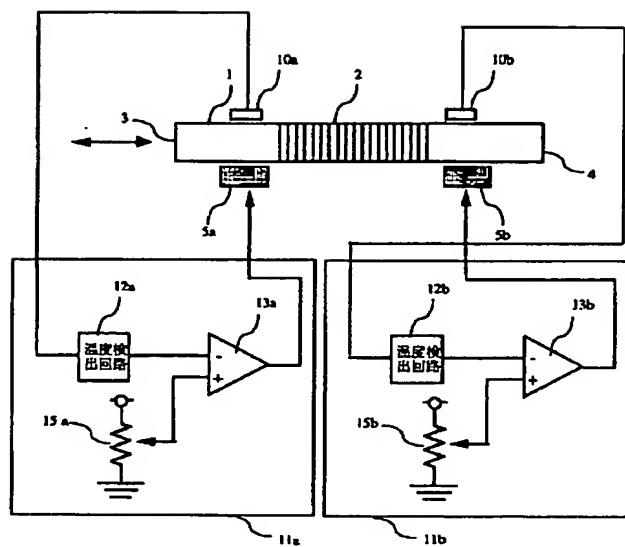
【図6】



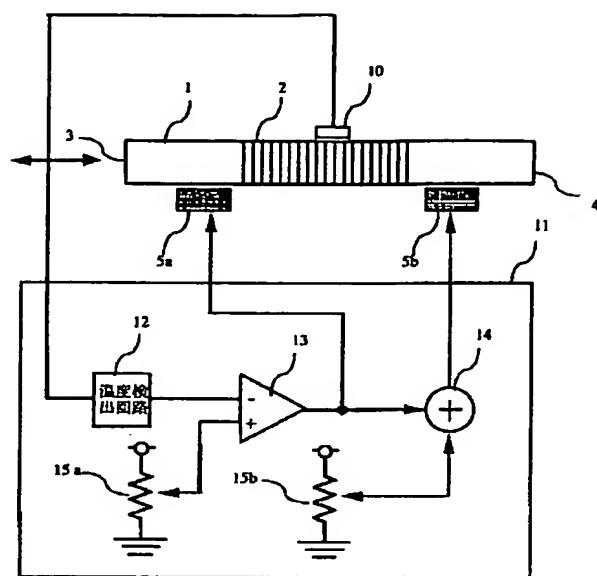
【図3】



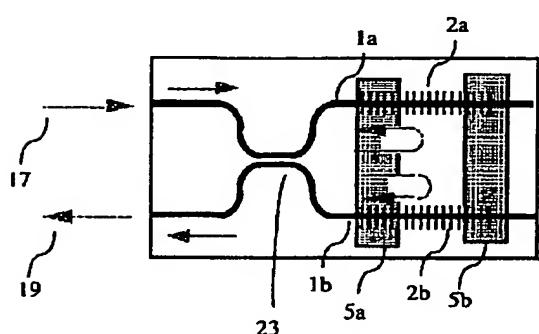
【図 4】



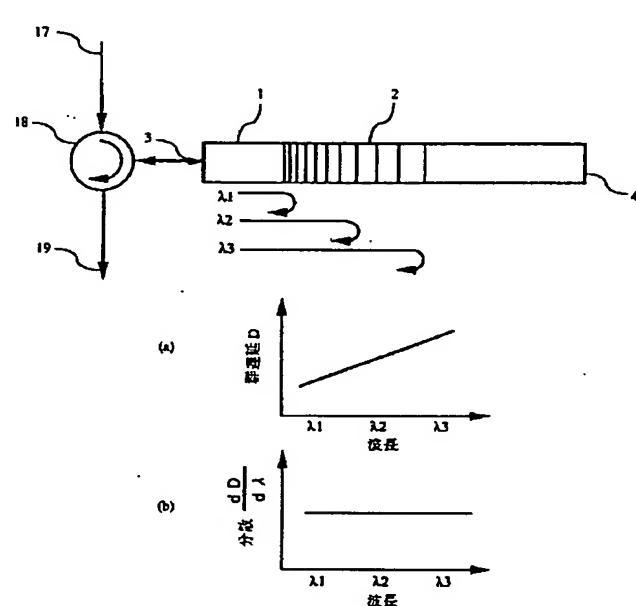
【図 5】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H050 AC82 AC84 AD00
 5K002 AA06 BA05 BA21 CA01 CA11
 DA02 FA01
 5K046 AA08 BA04 CC01 CC02 CC11
 KK07